

**MODELO TASA ÓPTIMA DE PROGRESO TECNOLÓGICO BASADO EN EL
RESIDUO DE SOLOW APLICADO A LA ECONOMIA COLOMBIANA,
PERIODO 1990-2015**

**OMAR LOMBANA OROPA
KATHERINE BARRERA POVEDA**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ECONOMÍA
VILLAVICENCIO
2016**

**MODELO TASA ÓPTIMA DE PROGRESO TECNOLÓGICO BASADO EN EL
RESIDUO DE SOLOW APLICADO A LA ECONOMIA COLOMBIANA,
PERIODO 1990-2015**

COMITÉ DE PROGRAMA DE ECONOMÍA

**OMAR LOMBANA OROPA
KATHERINE BARRERA POVEDA**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ECONOMÍA
VILLAVICENCIO
2016**

Contenido

Tablas y figuras.....	4
Resumen.....	5
Planteamiento del problema y justificación.....	6
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Marco teórico y estado del arte.....	11
Aspectos teóricos	11
Aspectos generales de la dinámica productiva de Colombia, Chile y Corea del Sur.	19
Aspectos generales de la dinámica productiva de los Estados Unidos frente a la de Colombia.....	21
Metodología.....	23
Tipo de estudio	23
Método de Estudio	24
Tratamiento de la Información	25
Resultados.....	25
Comportamiento del salario	26
Comportamiento de la formación bruta de capital (FBK)	27
Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB)	28
Corrección de autocorrelación	37
Conclusiones.....	38
Recomendaciones.....	40
Posibles Beneficiarios	40

Impacto del Proyecto	41
Referencia.....	41
Anexos 1.....	45

Tablas y figuras

Figura 1	7
Figura 2.....	12
Tabla 1.....	17
Figura 3.....	26
Figura 4.....	27
Tabla 2.....	29
Figura 5.....	29
Figura 6.....	29
Figura 7.....	30
Tabla 3.....	31
Figura 8.....	31
Figura 9.....	32
Figura 10.....	32
Tabla 4.....	33
Tabla 5.....	34
Figura 11.....	34
Tabla 6.....	35
Figura 12.....	35
Tabla 7.....	36
Figura 13.....	37

Resumen

El presente trabajo monográfico se realiza tomando la teoría general del crecimiento económico de contenido neoclásico, a partir de los aportes de Robert Solow, quien ofrece un marco de referencia entre las relaciones de los factores de producción formación bruta de capital (FBK), participación de los salarios (PW) y el progreso tecnológico. El presente estudio consiste en la aplicación del modelo del residuo de Solow a la economía colombiana en el período 1990 a 2015.

El residuo de Solow o tasa de crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) representan un modelo matemático, en donde se plantea que el crecimiento económico no solo depende de la acumulación de capital, también, necesita de la tecnología, por tanto, los países que logren desarrollar su tecnología; con unas cantidades dadas de capital (K) y de trabajo para este caso se toman la participación de la formación bruta de capital (FBK) y los salarios (PW); producirá más que un país que no logre mejorar sus condiciones tecnológicas.

Se mide el residuo de Solow en el periodo 1990-2015, con el fin de conocer la participación de los factores en la producción. Se toma dicho rango de tiempo porque a partir de 1991 entró en vigencia el modelo de apertura económica, que a su vez se sustenta en el Neoliberalismo. Lo que suponía una serie de beneficios en adquisición de recursos tecnológicos, generando beneficios a los consumidores y a los productores ya que los bienes de capital ingresarían más baratos al país.

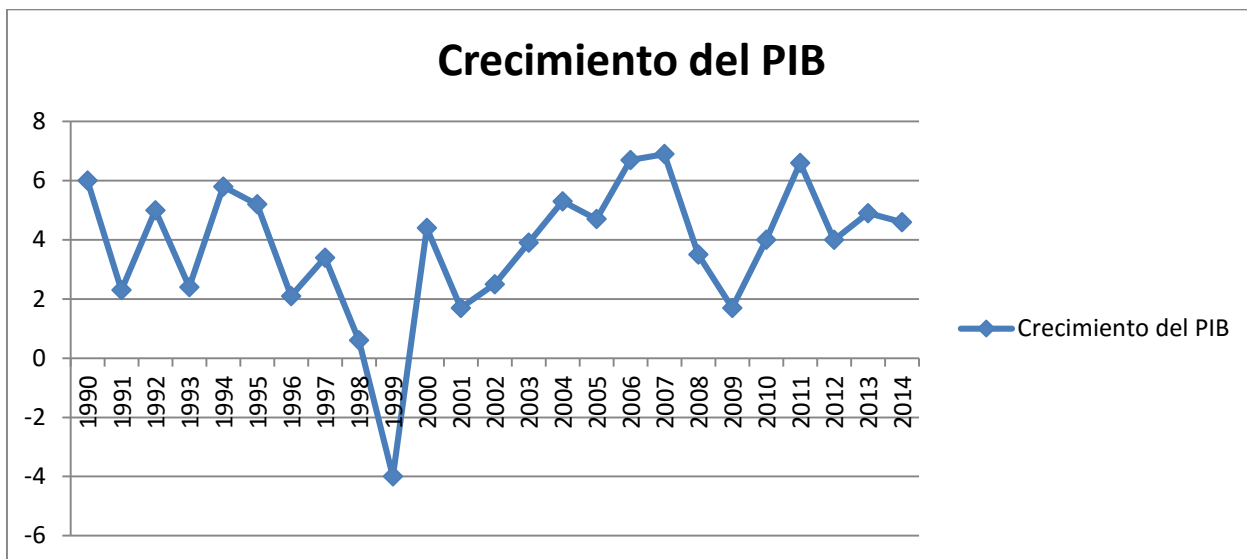
En consecuencia, se calculó la productividad de los factores FBK y PW en el periodo de estudio, lo que permitió conocer el grado de incidencia que tiene cada factor en el PIB, se evidencia la tasa de progreso tecnológico de 0,031%, mientras que los salarios y la formación bruta de capital (FBK) participan con el 1,88% y el -0,98% respectivamente. La participación de los salarios muestra un valor negativo, lo que implica que al aumentar los salarios en 0,98% el producto disminuye en 1, esto se debe a que, dado, el nivel industrial de la economía colombiana al aumentar los salarios se incurre en un aumento de los costos de producción incentivando de manera negativa la producción.

Por lo tanto, para que el PIB crezca en un punto la FBK deberá crecer en 1,88%, por otro lado la PW arrojó un resultado negativo lo que indica que al aumentar los salarios en 0,98% la producción disminuirá en un punto, esto se debe en gran medida al bajo nivel industrial que tiene el país, ya que para aumentar los salarios se deberá aumentar la contratación lo que conlleva a que entre más personas ingresen al sistema laboral, el sistema productivo no contara con la capacidad instalada suficiente para hacer frente a los requerimientos productivos que demanden los nuevos trabajadores, por lo tanto al aumentar la contratación el producto no crecerá por el contrario tenderá a disminuir.

Planteamiento del problema y justificación

El comportamiento del PIB en Colombia presenta alta volatilidad, lo que se refleja en un crecimiento inestable y una industria incipiente, todo lo anterior en el marco de la apertura económica de 1991.

Figura 1. Crecimiento del PIB en Colombia entre 1990 y 2014.



Fuentes: Grafico: elaboración propia.

Datos: Banco Mundial.

Con el modelo de apertura económica se suponía que los bienes de capital serían más accesibles lo que haría que la economía local se tecnificara conllevando a una serie de beneficios tanto para los consumidores como para los productores. Banco de la República (2015) afirma:

La lógica detrás de este modelo, consiste en que, al introducir un elemento de competitividad extranjera, la calidad de los productos internos y la innovación aumentan, mientras que los costos tienden a bajar, de tal manera que es de mayor beneficio para el consumidor (Apertura económica).

El comportamiento del PIB no ha mostrado crecimiento sostenido y por el contrario muestra alta inestabilidad, esto se debe en gran medida al bajo nivel industrial que ha tenido el país a lo largo de su historia. Ya desde mediados de la década del 70 esta situación se venía presentando. Maldonado (2010) afirma:

La industria manufacturera en Colombia desde la década de los 70's, no ha logrado encontrar una senda de crecimiento, transformación y modernización productiva que la logre posicionar de nuevo como uno de los sectores líderes en la economía nacional. El desempeño reciente de la industria nacional se destaca por una senda de deterioro progresivo en su patrón de desarrollo y transformación que se caracteriza por la insuficiencia dinámica y el debilitamiento estructural de la producción, la desaceleración del ritmo de crecimiento del sector, el estancamiento relativo de la diversificación productiva y el agotamiento tecnológico; el tránsito hacia esta trayectoria de deterioro y de frágil transformación del patrón de crecimiento, señala la evidente reducción de la participación del sector industrial manufacturero en la estructura productiva y profundiza la dependencia tecnológica nacional (p.9).

Se puede decir, que, debido a una rezagada industria, acompañada de un declive en la participación del sector agropecuario en la composición total del PIB, se han provocado cambios en la estructura económica interna. Bernal (2012) para el año 1925 el sector agropecuario representó el 60% del PIB, el sector industrial el 10% y el sector de los servicios financieros 0%; para el año 1975 estos sectores representaron el 30%, el 22,5% y el 10% respectivamente en la composición del PIB, finalmente para 2010 representaban el 10%, 10% y 20%, en el orden respectivo. Lo cual muestra una reclasificación de posición de los sectores económicos en el total de la estructura productiva con una notable pérdida de participación de los sectores agropecuario e industrial.

Actualmente, la Ciencia y Tecnología (CyT) se reconocen como factor crucial para el desarrollo económico, social y la contribución que ejerce en la producción. Sin embargo; Colombia a lo largo de su historia no ha prestado suficiente atención a la CyT, y de seguir

con el mismo comportamiento de política económica, la economía colombiana se ubicará en lugares rezagados de desarrollo tecnológico, quedando atrás de los procesos de competitividad y productividad.

Según cifras del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología–OCyT. La Opción (2008) afirma:

El gasto total de Colombia en C & T era apenas del 0.5% del PIB, uno de los más bajos de América latina, mientras que Venezuela contaba con el 2%; Brasil, con el 1.3%, y Chile, con el 1% de su PIB” (p. 8-9). De acuerdo con el Banco Mundial, el OCyT y el DANE, citado por la Revista Dinero (2015), “los Estados Unidos invierte 2,79% de su PIB en investigación más desarrollo (I+D), en Colombia se llegó a 0,19% en 2014; por su parte, en Actividades de Ciencia y Tecnología e Innovación (ACTI), los gastos ascendieron a 0,46% (s.p).

Además de lo anterior, la corporación estadounidense Rand Corporation. Universidad Nacional de Colombia (s, f) ubica a Colombia en la categoría de países “en desarrollo científico”, con una capacidad media de avanzar en el desarrollo tecnológico, lo cual indica que el país tiene potencial para avanzar en este ámbito.

Debido a lo anteriormente mencionado y teniendo en cuenta uno de los supuestos del modelo del residuo de Solow, el cual argumenta que el crecimiento económico a parte de la acumulación de capital, también necesita de la tecnología.

Si concebimos la producción como el conjunto de servicios subyacentes que presentan los bienes producidos en la economía, podemos pensar que el progreso tecnológico eleva la producción con unas cantidades dadas de capital y trabajo. En

ese caso, podemos concebir el estado de la tecnología como una variable que nos dice cuánta producción se obtiene con unas cantidades dadas de capital y de trabajo en un momento cualquiera (Blanchard, 2006, p.274).

Ante el argumento del progreso tecnológico surge la pregunta: ¿Cuál ha sido la tasa óptima de progreso tecnológico en el período de estudio, a través del modelo matemático del residuo de Solow?

La justificación del estudio reposa en el interés académico que surge de la observación del crecimiento económico de Colombia, y los países desarrollados que en gran medida invierten de manera considerable en ciencia y tecnología¹ (CyT), lo que genera alto nivel en la productividad de los factores, por lo tanto el desarrollo tecnológico se constituye en eje fundamental para el crecimiento de la economía. Robert Solow es el pensador que logra cuantificar el desarrollo o progreso tecnológico, por esta razón su medición residual es el fundamento del presente trabajo.

Además, se confronta el residuo de Solow y la economía colombiana; así mismo, se entra a determinar la productividad total de los factores que ha experimentado el país en el periodo de estudio.

Para lograr los resultados se acudió a la información del Departamento Nacional de Estadísticas DANE, para posteriormente consolidar y llevar a aplicar el modelo econométrico (en Vectores autor regresivos y Mínimos Cuadrados Ordinarios), utilizando los aplicativos Excel, Stata, E-views o IBM-SSPS.

¹Ver los párrafos 3 y 4 de la página 5, y la página 12 en el marco teórico.

Objetivo general

Determinar la tasa optima de progreso tecnológico, siguiendo el modelo de la tasa de crecimiento de la productividad de los Factores formación bruta de capital (FBK) y participación de los salarios (W), para conocer su participación en el PIB a partir de la aplicación del método del residuo de Solow.

Objetivos específicos

- Identificar la contribución de los factores Formación Bruta de Capital (FBK) y Salarios (W) en el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia.
- Describir el comportamiento de las variables o factores de estudio FBK y W; para conocer la pertinencia de la aplicación del modelo del residuo.
- Determinar el modelo del residuo de Solow para la economía colombiana durante el periodo 1990-2015.

Marco teórico y estado del arte

Aspectos teóricos

El punto de partida de la teoría del crecimiento neoclásica, es la función de producción agregada (modelo simple en economía cerrada), que es una especificación de la relación entre la producción agregada y los factores de producción (Blanchard, 2006).

En la función de producción agregada básica, se encuentran dos factores: capital y trabajo, y su relación viene dada por:

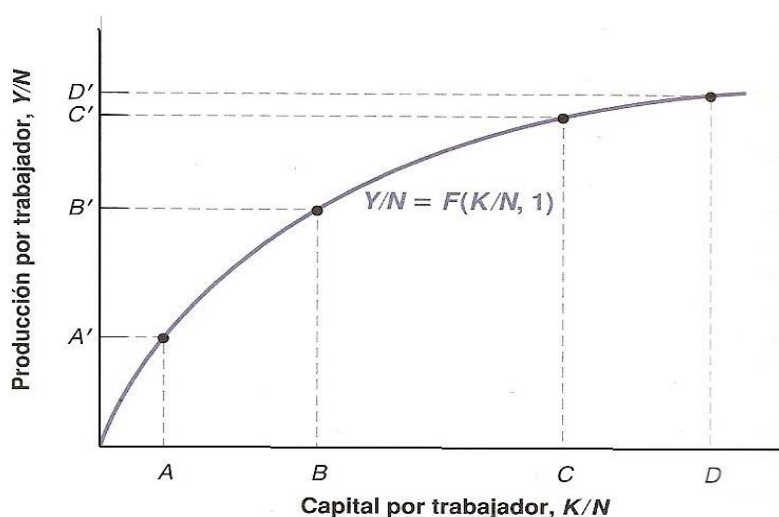
$$Y = F(K, N)$$

Donde K es el capital, representado por todas las maquinas, plantas y edificios de oficinas (stock de capital). N es el trabajo, es decir el número de trabajadores que se encuentran en la economía (Solow, A Contribution to the Theory of Economic Growth, 1957).

La producción que puede obtenerse con cantidades dadas de capital y trabajo, depende del estado de la tecnología, así un país que tenga una tecnología más avanzada, producirá más con las mismas cantidades de capital y trabajo, que una sociedad con una tecnología primitiva (Blanchard, 2006). Al dividir la anterior ecuación sobre N, obtenemos una sencilla relación entre la producción por trabajador y el capital por trabajador.

$$Y/N = F(K/N, 1)$$

Figura 2: Relación entre la producción por trabajador y el capital por trabajador



Fuente: (Blanchard, 2006)

Como se puede observar, esta función está sujeta a rendimientos marginales decrecientes, lo cual indica, que cuando aumenta el capital por trabajador, también hay un incremento de la producción por trabajador, pero cada vez más en una proporción menor que llega a niveles negativos después del punto máximo de la función de producción.

Por lo anterior, los aumentos de la producción por trabajador, pueden deberse al incremento del capital por trabajador, o puede deberse a mejoras en el estado de la tecnología que desplazan la función de producción F , y generan más producción per cápita, dado el capital por trabajador.

Como se evidencia en los argumentos desarrollados en esta forma simplificada del modelo; el capital, por sí solo, no puede garantizar el crecimiento sostenible, como consecuencia de estar sujeto a los rendimientos marginales decrecientes, para mantener un aumento constante de la producción por trabajador se tendría que aumentar constantemente el nivel de capital por trabajador, lo que llevaría a la economía a un momento en el que no quiere o no puede ahorrar más para invertir lo suficiente en aras de mantener el aumento del capital, en ese momento la producción por trabajador deja de crecer (Sachs & Larrain, 2002).

Lo anterior plantea una disyuntiva de crecimiento sobre cuál es la participación del capital en el crecimiento de la producción y cuál es la participación del desarrollo tecnológico; para ello es necesario utilizar el Residuo de Solow, quien planteó que

el crecimiento de la producción que no corresponde a un incremento del Capital por trabajador halla su explicación en un aumento de la tasa de progreso tecnológico, lo que permite aumentar la productividad total de los factores, dicha teoría fue expuesta por Robert Solow en 1957, quien fue el primero en utilizar el marco de referencia de la función de producción para medir las fuentes de crecimiento en Estados Unidos (Sachs & Larrain, 2002). Ideando un método para estimar el progreso tecnológico. Este método, que se emplea para medir la productividad total de los factores, se basa en un importante supuesto: cada factor de producción recibe su producto marginal. De esta forma, Solo logra desarrollar un marco de referencia contable, para medir los factores más importantes del crecimiento económico de un país.

Expresado en términos más formales, sean Y la producción, N el trabajo y W/P el salario real. En ese caso, la variación de la producción es igual al salario real multiplicado por la variación del trabajo (Solow, 1957):

$$\Delta Y = \frac{W}{P} \Delta N$$

Dividiendo los dos miembros de la ecuación por Y , dividiendo y multiplicando el segundo por N y reorganizando, tenemos que:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{WN}{PY} \frac{\Delta N}{N}$$

El primer término del segundo miembro (WN/PY) es igual a la participación del trabajo en la producción, es decir, la masa salarial total en dólares dividida por el valor de la producción en dólares. Representemos esta participación por medio de

α . Por otra parte el primer miembro de la ecuación, es la tasa de crecimiento de la producción y se representara en adelante como g_Y . Obsérvese también que el segundo término del segundo miembro de la ecuación, es la tasa de variación del trabajo que en adelante será representada por g_N . En ese caso, la relación anterior puede expresarse de la forma siguiente:

$$g_Y = \alpha g_N$$

Este razonamiento implica que la parte del crecimiento de la producción atribuible al crecimiento del trabajo es igual a α multiplicado por g_N . Por ejemplo, si el empleo crece un 2% y la participación del trabajo es de 0,7, el crecimiento de la producción que se debe al crecimiento del empleo es igual a un 1,4% (0,7 multiplicado por 2%).

Como sólo hay dos factores de producción, trabajo y capital (medido por el stock de capital), y como la participación del trabajo es igual a α , la participación del capital en la renta debe ser igual a $(1 - \alpha)$. Si la tasa de crecimiento del capital es igual a g_K , la parte del crecimiento de la producción atribuible al crecimiento del capital es igual a $(1-\alpha)$ multiplicado por g_K (Solow, 1957)

Uniendo las aportaciones del trabajo y del capital, el crecimiento de la producción atribuible al crecimiento tanto del trabajo como del capital es igual a:

$$[\alpha g_N + (1-\alpha)g_K]$$

Se puede medir entonces los efectos del progreso tecnológico calculando lo que Solow llama residuo. Que es el exceso de crecimiento efectivo de la producción sobre el crecimiento atribuible al crecimiento del trabajo y del capital:

$$\text{Residuo} \equiv g_Y - [\alpha g_N + (1-\alpha)g_K]$$

Revisión del modelo

En la revisión al residuo de Solow realizada por José Reyes Bernal, se parte de una función de producción de la siguiente forma:

$$Y = f(K, L, t)$$

En la función, Y representa la producción, K es la formación bruta de capital, mientras t es el progreso tecnológico, donde se supone que el cambio técnico es neutral, lo que conlleva a que la distribución del ingreso no se altere bajo unas condiciones dadas en la relación capital-trabajo, al desplazarse la función de producción. Lo que hace que la función tome la forma siguiente:

$$Y = A(t)f(K, L)$$

A(t) mide las variaciones del producto con el pasar del tiempo, luego se deriva la ecuación anterior respecto al tiempo y se divide por la producción Y, de esta manera se llega a la ecuación:

$$g_Y = g_A + \alpha g_K + \beta g_L$$

Dejando ver a g_Y como la tasa de crecimiento del producto, a g_A como la tasa de progreso tecnológico, g_K y g_L representan la tasa de crecimiento del capital y del trabajo, por otro lado, α y β son la participación de la remuneración del capital y el trabajo en el producto. Se supone homogeneidad en el producto por trabajador, lo que da por resultado:

$$g_{Yp} = g_A + \alpha g_{Kp}$$

g_y , representa el producto pro trabajador, g_k es el capital por trabajador y α es la remuneración del capital y el trabajo en el producto. Despejando la tasa de progreso tecnológico se obtiene la ecuación:

$$g_a = g_y - \alpha g_k$$

Lo que permite que el progreso tecnológico se pueda calcular de manera residual, bajo condiciones dadas de capital y trabajo (Bernal, s.f)

Aspectos generales de la aplicación del modelo

Para contrastar el modelo de Solow con el medio económico del periodo del estudio y avanzar en su desarrollo, es necesario traer a colación el trabajo realizado para Francia, Japón, Reino Unido y los Estados Unidos; países que han mostrado alto nivel industrial en la economía mundial (1950-1960: Angus Maddison, *Dynamic Forces in Capitalist Development*, New York, Oxford University Press, 1991. 1960-2000: base de datos de Economic Outlook de la OCDE.)

Tabla 1: Variación de la producción por trabajador y progreso tecnológico para Francia, Japón, Reino Unido, EE.UU. 1950-2000

	Tasa de crecimiento de la producción por trabajador (%)			Tasa de progreso tecnológico (%)		
	1950-1973 (1)	1973-2000 (2)	Variación (3)	1950-1973 (4)	1973-2000 (5)	Variación (6)
Francia	4,8	2,1	-2,7	5,3	1,6	-3,7
Japón	7,1	2,1	-5,0	7,0	1,4	-5,6
Reino Unido	3,4	1,7	-1,7	3,7	1,9	-1,8
Estados Unidos	2,7	1,2	-1,5	2,9	1,4	-1,5

Fuente: 1950-1960: Angus Maddison, *Dynamic Forces in Capitalist Development*, New York, Oxford University Press, 1991. 1960-2000: base de datos de Economic Outlook de la OCDE.

De la tabla anterior, se deducen las siguientes conclusiones:

- El periodo de elevado crecimiento de la producción por trabajador hasta mediados de los años 70 se debió a un rápido progreso tecnológico, no a una acumulación de capital excepcionalmente elevada (Blanchard, 2006).
- La desaceleración del crecimiento de la producción per cápita que comenzó a mediados de los años 70 se deduce de una reducción de la tasa de progreso tecnológico y no de la acumulación de capital excepcionalmente baja.

Otra forma de medir el residuo de Solow

La forma como Solow calculo el residuo, ha sido objeto de apreciaciones que ponen entre dicho la efectividad de la medición, en la medida que los resultados son desproporcionados.

La contribución al crecimiento de la economía colombiana en 1950 fue del -249%, en 1957 pasó al 0,65%, en 1958 de -71% y en 1959 de 107%. En 1982 se calcula el dato menos creíble desde el punto de vista de la economía: una contribución de la PTF del -617%. ¿Dónde queda la contribución al crecimiento de la adición de factores productivos? Parece entonces necesario repensar si el cálculo de la PTF, tal y como lo planteó Solow, refleja un progreso técnico continuo (Bernal (s.f)).

Los inconvenientes en la credibilidad de los resultados han llevado a que se plantee otra forma de medir el residuo. Se parte de la ecuación ya revisada:

$$g_a = g_y P - \alpha g_k P$$

Se supone que la participación de las ganancias en la producción viene dada por α , esto es igual a rK/Y . “donde r es la remuneración por unidad de capital que debe ser igual al producto marginal del capital $\Delta Y/\Delta K$ ” (Bernal (s.f)). La evolución del capital ΔK es igual a

la inversión I. La tasa de inversión I/Y se equipara al ahorro nacional S/Y esto es igual a s, que será la propensión marginal a ahorrar:

$$\alpha g_k = r * K/Y * K/K = r * K/Y$$

Donde r es igual 1/C y C es la variación del capital respecto del producto. “Ahora, como en equilibrio macroeconómico el ahorro es igual a la inversión, S = I, y como porcentaje del ingreso S/Y = I/Y. Denotando a S/Y por s se llega a la ecuación modificada de Harrod (Bernal (s.f))”:

$$\alpha g_k = s/C = i/C$$

Esto conlleva a la ecuación:

$$g_a = g_y - i/C = g_y - s/C$$

De esta forma se puede medir la productividad total de los factores (PTF), sin que la variación de un año a otro de resultados abismales.

Aspectos generales de la dinámica productiva de Colombia, Chile y Corea del Sur.

Colombia entre los años 1990-2002 tuvo una tasa de crecimiento de 2,6% frente a la de Latinoamérica en el mismo periodo, que se ubicó en 2,4%. El crecimiento que presenta la economía colombiana está por debajo al registrado en el periodo comprendido entre 1950-1980 que creció a una tasa promedio anual de 5,1% (Clavijo, 2003, p.13), en este periodo las políticas proteccionistas eran la apuesta de los gobernantes de la época.

En el marco de la apertura económica el país presentó un crecimiento que no es suficiente como para jalonar de manera significativa al empleo, ya que la oferta laboral creció al 3% (Clavijo, 2003), mientras que la tasa de desempleo creció en 1990 al 9,77% (Ministerio de la Protección Social, 2005,). Esta situación deja ver que la apertura no ha sido un motor

fundamental para garantizar que la productividad de los factores aumente y permita que la economía crezca de manera sostenida.

Por su parte, Chile en el periodo 1990-2002, registró un crecimiento promedio de 5,1% mientras que en el periodo de 1950-1980 creció por debajo que la economía colombiana ubicándose en 3,6% (Clavijo, 2003, p.13). Esto deja ver como en el marco de la apertura, el país austral logra sacar mayor rendimiento en el crecimiento de la economía. Chile ha logrado potenciar la productividad laboral, frente a la productividad laboral colombiana que para el periodo 1950-2002 creció al 0,6% en contraste con el 2% registrado por Chile en el mismo periodo de tiempo (Clavijo, 2003).

Frente a Corea del Sur, el crecimiento de la economía colombiana estuvo por debajo; en el periodo 1973-1996, Corea creció 6,8% y Colombia, entre 1973-1992 creció 1,86%. Urrutia (s.f) (Barro y Sala-i-Martin, 1995) afirma:

Entonces, algunos países avanzaron más rápido que Colombia, y de acuerdo con la literatura de convergencia, en ello influyó no solamente el ingreso per cápita inicial, sino también los niveles iniciales de educación, de infraestructura, de desarrollo institucional, de grado de apertura, etc. (p.11).

Se aprecia que, la economía colombiana no logró potenciar la productividad de los factores, lo que impide que se tengan niveles de crecimiento sostenidos. Los países que han crecido por encima de Colombia, es porque han conseguido que los factores aumenten su productividad.

Aspectos generales de la dinámica productiva de los Estados Unidos frente a la de Colombia.

Estados Unidos es un país con grandes fluctuaciones en su crecimiento, pasando por años donde registro datos negativos, lo que ha dejado periodos de crisis; desde 1990 mostró tres años en donde el PIB creció de manera negativa, esto fue en 1991 cuando registro -0,074%, 2008 con -0,292% y 2009 con -2,78% (Banco Mundial, 2016). Después de cada periodo en que la economía se desacelero la recuperación fue notable, ya que para 1992, creció al 3,56%, llegando a un punto máximo en 1999 cuando creció a un ritmo de 4,69%. Para los siguientes años se mostró una menor dinámica en el crecimiento, en 2001 la producción varia al 0,976%, para el 2004 recuperó el ritmo ubicándose en 3,79%, en adelante la producción bajo el nivel de crecimiento llegando a un piso de -2,78% en 2009, en 2010 de nuevo se recuperó, pero esta vez con un menor dinamismo, creciendo al 2,53% representando el mayor porcentaje hasta el 2015 (Banco Mundial, 2016).

Las fluctuaciones del crecimiento económico estadounidense, se evidencian en las variaciones del desempleo, para el año 1992 registro la cifra más alta de los años noventa, de ahí en adelante comienza a disminuir hasta el año 2000, pasando de 7,6% a 4,1% respectivamente; este periodo de descenso coincide con la apertura económica que se dio en Colombia a partir del año 1991. Después del descenso, el desempleo inicia una nueva fase de crecimiento ubicándose para el año 2003 en 6,1%, mostro una disminución en los años 2006 y 2007 cuando llegó a 4,75% para cada año; en adelante se agudiza la etapa de crecimiento llegando en 2010 a la cifra máxima del periodo en estudio 9,7%. El alto índice de desempleo registrado en 2010, se debe en gran medida a la crisis hipotecaria sucedida en 2008 y que se postergo hasta 2010 cuando la economía creció 2,53% lo que represento una

leve recuperación. El desempleo de nuevo inicia una etapa de disminución pasando de 9,7% en 2010 a 6,2% en 2014 (Banco Mundial, 2016). La disminución en el desempleo de los Estados Unidos, coincide con la entrada en vigencia del tratado de libre comercio (TLC) firmado en 2011 por el congreso estadounidense y ratificado por el Congreso colombiano en 2012. Las variaciones del desempleo muestran inestabilidad para los trabajadores estadounidenses, esto deja ver que el trabajo no ha sido el factor potenciador de la producción, lo que reflejaría que el gasto en investigación y desarrollo ha dado frutos en los momentos de recuperación del ritmo de crecimiento económico.

Por su parte Colombia presenta fluctuaciones en su crecimiento económico, pero solo en 1999 registró una variación negativa del -4,2%; en adelante inicia un proceso de recuperación y logra un punto máximo en 2007 cuando llegó a crecer 6,9%, para luego, desacelerarse hasta encontrar un mínimo en 2009 de 1,65%; de nuevo se recupera en 2010 cuando el crecimiento fue de 6,59%, luego vuelve a caer en 2015 a 3,08% (Banco Mundial, 2016). Para Colombia el crecimiento económico no ha sido coherente con la variación del desempleo ya que en el año 2000 el país creció al 4,42% y su desempleo fue del 16,6%, en el año 2007 la economía registró su mayor crecimiento en el periodo de estudio, mientras que el desempleo se ubicó en el 11,2% (Banco Mundial, 2016). A pesar que el país ha logrado crecer a niveles que se podrían comparar con la de países emergentes, el desempleo ha sido alto como para que impacte de manera positiva las condiciones de vida de los colombianos.

Por otra parte, entre 1996 y 2012, Estados Unidos gastó el 2,61% del PIB en Investigación y Desarrollo (Banco Mundial, 2016), esto ha permitido que se generen avances en la tecnología, lo que ha potenciado la productividad de los factores, llevando a que pueda

recuperar el ritmo de crecimiento en pocos años. Debido a que el gasto en ciencia y desarrollo, aumenta la productividad de los factores esto implica mayor cantidad de productos en el mercado, posibilitando que la inflación no supere los dos dígitos en el periodo de estudio. El año en que la inflación tuvo el mayor índice fue en 1990 registrando 5,4%, coincidiendo con la desaceleración que experimentaba para la fecha, a su vez el año en que mostro el nivel más bajo fue en 2009 cuando registro -0,356% (Banco Mundial, 2016).

En contraste Colombia invirtió aproximadamente el 0,17% del PIB entre 2000 y 2013 un nivel bajo, dado que el país no ha logrado desarrollar su industria, lo que genera dependencia de la industria extranjera. Cárdenas, Solano (2014) afirma:

La inversión ha aumentado de manera considerable en los últimos diez años, impulsada en parte por la inversión extranjera directa —(IED) destinada sobre todo hacia el sector minero-energético—, la cual ha contribuido de manera importante a financiar el déficit en la cuenta corriente (p. 1).

Por su parte la formación bruta de capital creció entre 1990 y 2015 aproximadamente 20,97%, lo que se debió en parte a la IED según se expresó anteriormente.

Metodología

Tipo de estudio

El estudio es de tipo explicativo con un enfoque teórico, que a través de la relación de las variables tasa de crecimiento del PIB, tasa de crecimiento de la FBK, tasa de crecimiento

del salario (W) se logró hallar los resultados del comportamiento de la tasa de progreso tecnológico, se evalúa el residuo de Solow en los años específicos.

Método de Estudio

Se utilizó el método deductivo-inductivo, se partió de la teoría general del crecimiento económico desarrollada por Robert Solow, que representa el marco de referencia de las relaciones entre la productividad de los factores FBK , W y el progreso tecnológico (residuo de Solow), en este caso se aplica para la economía colombiana, período de 1990 a 2015; se trabajaron los lineamientos y la información secundaria, encausándose a alcanzar los objetivos del trabajo.

Las fuentes de información más pertinentes para el desarrollo de la investigación fueron los trabajos de Solow: Solow, R. (1957), A Contribution to the Theory of Economic Growth. Massachusetts: Massachusetts institute of technology y Solow, R. (1957).

Se utilizaron fuentes de información secundaria de textos, documentos y las cuentas nacionales del DANE, que se relacionan con el tema. Se construyó el marco teórico general y se utilizaron los agregados económicos, los cuales difícilmente se pueden obtener a través del ejercicio de la observación (como los indicadores de la inflación, el PIB, Stock de capital, entre otros), lo que permitió partir de una teoría del crecimiento preestablecida y obtener las deducciones y formular las conclusiones.

Technical Change and the Aggregate Production Function. En Review of Economics and Statistics (págs. 312-320), donde expone el método matemático que permite medir la tasa de progreso tecnológico; se utilizaron también los datos de las cuentas nacionales del

DANE, como fuente de la información macroeconómica necesaria para el modelo, en algunas descripciones, se utilizan cifras suministradas por el Banco Mundial.

Tratamiento de la Información

Para procesar la información se utilizó la base de datos y/o metodología del DANE y del Banco de la República, lo que permitió acceder a información pertinente, para la aplicación de un modelo econométrico (en Vectores auto regresivos y Mínimos Cuadrados Ordinarios), y se utilizó los aplicativos Excel, SPSS, Stata y/o E-views (Anexo 1).

El modelo relaciona los factores que inciden en el incremento del PIB, en este caso fueron la FBK y los salarios, además permite ver su comportamiento en el periodo de análisis, observándose que los salarios no logran crecer a su nivel óptimo y la FBK se constituye como la variable de mayor incidencia en el crecimiento económico.

Resultados

Al momento de recolectar los datos, los del año 2015 todavía no estaban disponibles en las fuentes oficiales, lo que conllevó a que se proyectaran por el método de interpolación lineal, utilizando veintitrés datos dado que se manejan en tasas, logrando estimar las cifras de FBK y W para el año 2015. Los resultados se contrastan en el anexo 1. Uniaandes (s.f) afirma:

La idea básica es conectar los 2 puntos dados en x_i , es decir (x_0, y_0) y (x_1, y_1) .

La función interpolante es una línea recta entre los dos puntos. Para cualquier punto entre los dos valores de x_0 y x_1 se debe seguir la ecuación de la línea

$$\frac{y - x_0}{y_1 - y_0} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

Que se puede derivar geométricamente. En lo anterior, el único valor desconocido es y , que representa el valor desconocido para x , despejando queda:

$$y = y_0 + (x - x_0) \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (\text{p.109})$$

Una vez condensada la información estadística se corrió el modelo econométrico, se tomó como variables de análisis el crecimiento del PIB que se constituye como la variable dependiente, y variable independiente en un principio el crecimiento del ahorro nacional bruto y la formación bruta de capital; al correlacionar los datos, la variable ahorro nacional bruto no fue significativa para el modelo en estudio, por lo que se reemplazó por la variación de los salarios.

Comportamiento del salario

El salario experimentó etapas donde su crecimiento fue negativo; desde 1994 hasta el año 2000 se identifican fluctuaciones poco alentadoras para los trabajadores, debido a que se pasó de un dato negativo de -10% en 1996 a un nivel de crecimiento del 4,7% en 1998 los dos años siguientes muestra un comportamiento negativo para luego recuperarse y mostrar un punto máximo en 2009 cuando registró 3,6%, lo que supone una recuperación pero no tan significativa como para que impacte de manera considerable a la población trabajadora ya que el desempleo en ese año superó los dos dígitos ubicándose en el 12% (DANE, 2016).

Figura 3: Crecimiento del salario para Colombia entre 1991-2015



Fuentes: Grafico: elaboración propia.

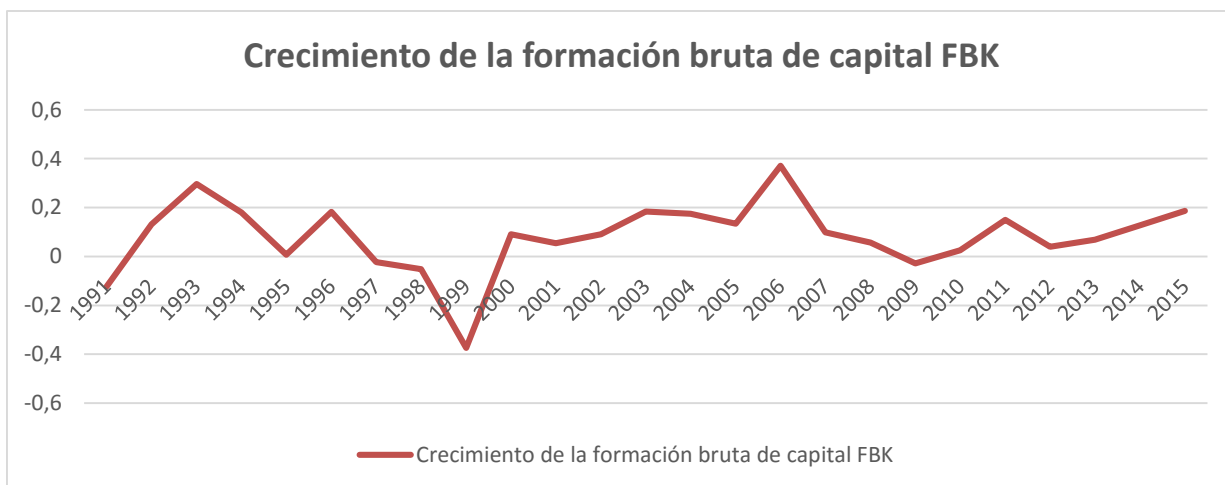
Datos: DANE, División de Síntesis y Cuentas Nacionales y Dirección de Censos y Demografía, Grupo de Proyecciones de Población.

El salario no ha logrado crecer por encima del 5% lo que imposibilita que esta variable juegue un papel preponderante en la producción del país, este comportamiento se da en parte al alto desempleo que ha experimentado la economía nacional, antes del año 2012 dicha cifra supera los dos dígitos llegando a crecer por encima del 14%, similar a 2002 cuando se ubicó en 15,5%, en ese año la economía creció por debajo del 2%.

Comportamiento de la formación bruta de capital (FBK)

La formación bruta de capital (FBK), muestra crecimientos negativos en los años 1997, 1998, 1999 y 2009, en adelante se observa un nivel de crecimiento que alcanzó su punto máximo en 2006, cuando creció 37%, lo registrado se debe en gran medida al aumento de la inversión extranjera directa en hidrocarburos, lo que imposibilitó que la industria nacional se desarrollara, generando dependencia por la industria foránea (Cárdenas, Solano, 2014, p.1).

Figura 4: Crecimiento de la formación bruta de capital FBK para Colombia entre 1991-2015



Fuentes: Grafico: elaboración propia

Datos: DANE, División de Síntesis y Cuentas Nacionales y Dirección de Censos y Demografía, Grupo de Proyecciones de Población.

La FBK ha jugado un papel fundamental en el crecimiento de la economía colombiana, ya que ha sido una variable con gran dinamismo en el desempeño de la producción, en algunos años logro crecer por encima del 25% y en otros se contrajo por debajo del 10%, reflejando en los periodos de contracción de la FBK, también el PIB redujo su nivel de crecimiento, por otra parte cuando la variable FBK mostro la cifra más alta en el año 2006 que fue del 37,1%, el desempleo experimento un crecimiento del 12,03% lo que deja entredicho el impacto que genera el crecimiento de la FBK sobre el empleo.

Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB)

Nivel de significancia: 0,05

Prueba de hipótesis:

Hipótesis nula

Las variables PIB, FBK y salario W, a un nivel de confianza del 95% corresponden a una distribución normal.

Ho: $X \sim N$

Hipótesis alternativa

Las variables PIB, FBK y salario W, a un nivel de confianza del 95% muestran que no corresponden a una distribución normal.

Ha: $X \neq N$

Criterio de decisión:

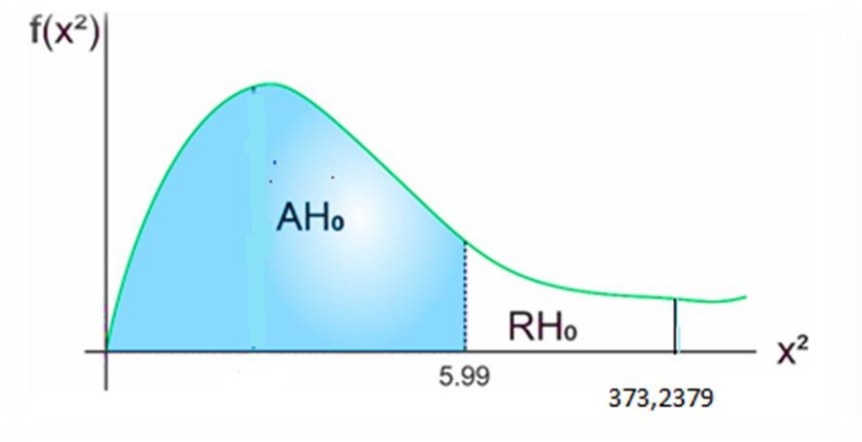
- Si el valor de la prueba de normalidad Jarque-Bera calculada es menor o igual al de la tabla, la hipótesis nula se rechaza.

Tabla 2: Prueba para datos normales: Jarque-Bera

Variable	Observaciones	Probabilidad	Jarque-Bera
PIB	25	0	373,2329
FBK	25	0,003294	11,43127
PW	25	0,037853	6,548112

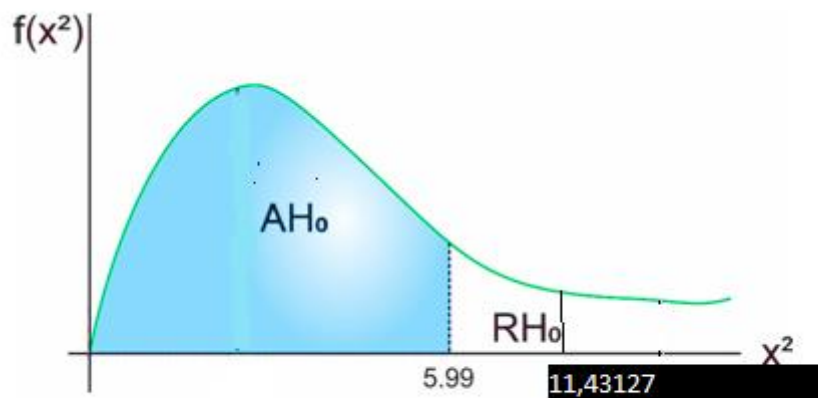
Fuente: elaboración propia a partir del software Eviews.

Figura 5: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) Variable PIB



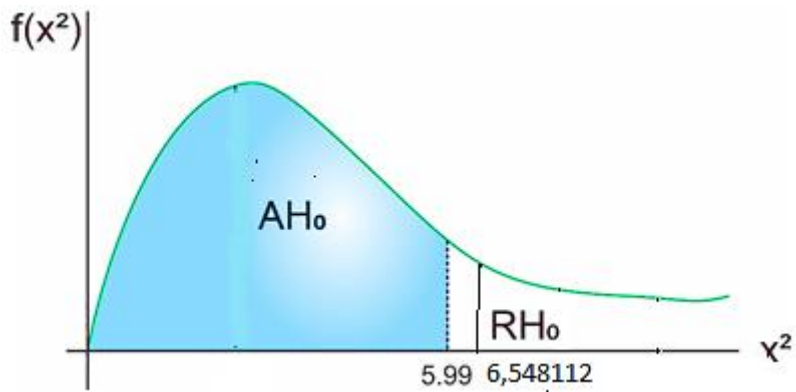
Fuente: elaboración Propia

Figura 6: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) Variable FBK



Fuente: elaboración Propia

Figura 7: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) Variable PW



Fuente: elaboración Propia

Según lo arrojado por la prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) se concluye que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, a un nivel de confianza del 95% las series PIB, FBK y PW no corresponden a una distribución normal.

Con el fin de ajustar la sensibilidad de la tendencia a las fluctuaciones: se le aplicó a las series PIB, FBK y PW en el periodo 1990-2015 el filtro Hodrick-Prescott, el cual trata de minimizar de la ecuación $Y_t = T_t + C_t$ (T_t : componente de tendencia, C_t : componente cíclico) el componente cíclico, dando como resultado una línea suavizada (Hyeonwoo, 2004).

$$\text{Min}_{\{\tau_t\}_{t=1}^T} \left[\sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} (\nabla^2 \tau_{t+1})^2 \right]$$

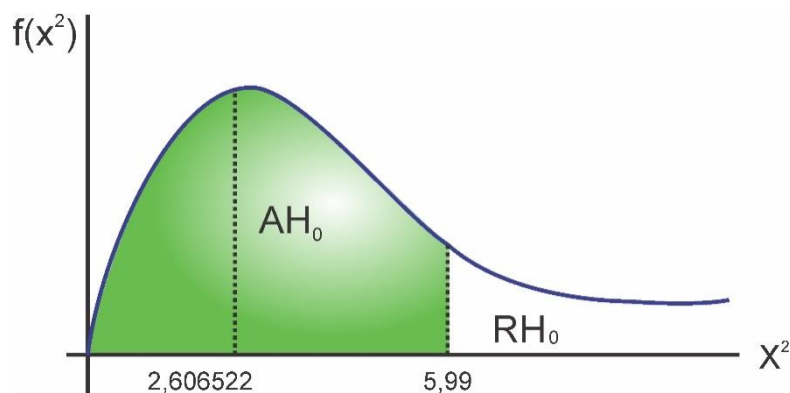
Dado por la ecuación anterior, λ es el parámetro de penalización, el cual mientras se acerca a cero la tendencia se acerca equivalentemente a la serie original y mientras tiende a infinito la serie se acercará más a una línea recta.

Tabla 3: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) con las series filtradas a partir de la metodología Hodrick-Prescott (HP) para las variables PIB, FBK y PW

Variable	Observaciones	Probabilidad	Jarque-Bera
PIB	25	0,271644	2,606522
FBK	25	0,307675	2,35742
PW	25	0,504273	1,369275

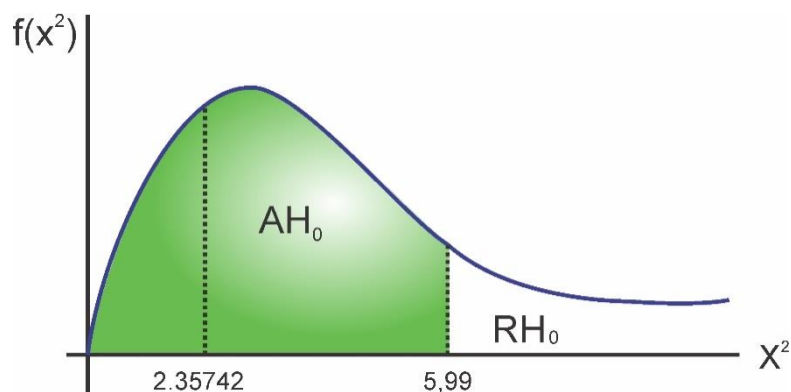
Fuente: elaboración propia a partir del software Eviews.

Figura 8: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) filtrada para la variable PIB



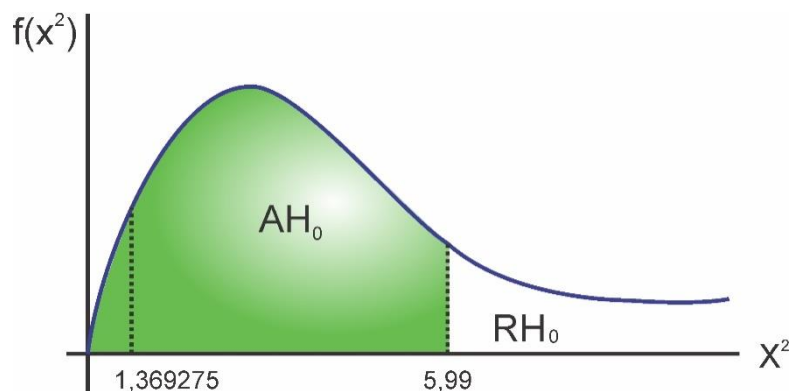
Fuente: elaboración Propia

Figura 9: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) filtrada para la variable FBK



Fuente: elaboración Propia

Figura 10: Prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) filtrada para la variable PW



Fuente: elaboración Propia

Según lo arrojado por la prueba de normalidad Jarque-Bera (JB) con las series filtradas a partir de la metodología Hodrick-Prescott, se concluye que hay suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula, a un nivel de confianza del 95% las series PIB, FBK y PW corresponden a una distribución normal.

Tabla 4: Modelo econométrico con series filtradas a partir de la metodología Hodrick-Prescott (HP)

Modelo econométrico con series filtradas				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
FBK	0,698651	0,087598	7,97564	0
PW	-1,459666	0,190022	-7,681555	0
C	-0,008853	0,007849	-1,127915	0,2715
R-squared	0,785201	Mean dependentvar		0,054124
Adjusted R-squared	0,765674	S.D. dependentvar		0,020396
F-statistic	40,21078			
Prob(F-statistic)	0	Durbin-Watson stat		0,202658

Fuente: elaboración propia a partir del software Eviews.

Prueba de relevancia F (FISHER)

Con el fin de comprobar la veracidad del modelo en estudio se realiza la prueba Fisher, con un nivel de significancia de 0.05 y el nivel de confianza 95%.

Hipótesis nula

Las betas son estadísticamente igual a cero, corresponden a que el modelo no es útil.

$$H_o: \beta_0 = \beta_1 = 0$$

Hipótesis alternativa

Las betas son resultados diferentes de cero, corresponden a que el modelo es útil.

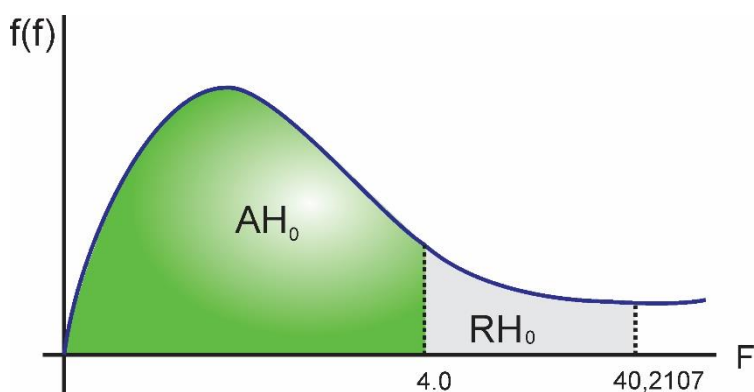
$$H_a: \beta_0 \neq \beta_1 \neq 0$$

Tabla 5: Prueba de relevancia F(Fisher)

Prueba Fisher			
Modelo	Observaciones	F-statistic	Prob(F-statistic)
PIB, FBK, PW	25	40,21078	0

Fuente: elaboración propia a partir del software eviews

Figura 11: Prueba de relevancia F(FISHER)



Fuente: elaboración Propia

La prueba de ajuste del modelo (F) arroja como resultado que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%; es decir, los betas del modelo del residuo de Solow son estadísticamente diferentes de cero, por lo tanto, el modelo es útil.

Tabla 6: Prueba Durbin-Watson

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
FBK	0,698651	0,087598	7,97564	0
PW	-1,459666	0,190022	-7,681555	0
C	-0,008853	0,007849	-1,127915	0,2715
R-squared	0,785201			
Durbin-Watson stat				0,202658

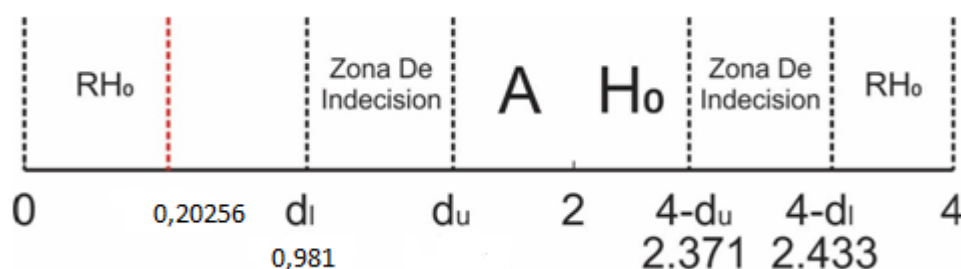
Fuente: elaboración propia a partir del software Eviews

Con el fin de detectar la existencia de auto correlación serial se aplica la prueba Durbin-Watson. Según la tabla 6, se detecta que el Durbin-Watson es de 0,202658 lo que evidencia problemas de auto correlación, en este sentido se desarrolla la prueba así:

H_0 : No existe auto correlación

H_a : existe autocorrelación

Figura 12: Prueba Durbin-Watson



Fuente: elaboración propia a partir del software Eviews

Se identifica que el valor representado en el modelo es de 0,202658 el cual se ubica en la zona de rechazo indicando que existe auto correlación. Además, el R cuadrado (coeficiente

de determinación) es un valor significativo para la aplicación del modelo del residuo de Solow en la economía colombiana, con un índice de 78%.

Corrección de autocorrelación

Tabla 7: Prueba Durbin-Watson con autorregresivos de orden (1) y (2)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Estatistic	Prob
FBK	0,235238	0,11783	1,996422	0,0612
PW	-1,026686	0,385375	-2,664123	0,0158
C	0,031731	0,011425	2,77721	0,0124
AR (1)	1,8825	0,029895	62,96962	0
AR (2)	-0,982227	0,027332	-35,93662	0
MA (1)	0,751892	0,208171	3,611903	0,002
R-squared	0,999255	Mean Dependentvar		0,054124
F-statstic	4024,262	S.D dependentvar		0,020396
Prob(F-atatistic)	0	Durbin-Watson stat		1,684784

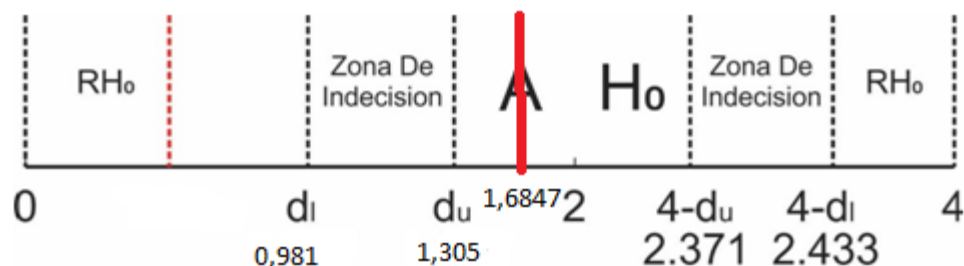
Fuente: elaboración propia a partir de software Eviews

En el proceso de corrección de autocorrelación se tomó la variable FBK al 10% lo que implica que se considere poco significativa. Bencardino (1998) afirma “cuando se trabaja con un nivel del 5%, el resultado es significativo; si se emplea el 1%, el resultado es altamente significativo, y si es del 10%, se considera poco significativo, pero se puede usar cualquier nivel” (p.370). Las demás variables se tomaron con un nivel de significación del 5%. Los autorregresores en el caso de la variable FBK se corrigió hasta AR1 mientras que la variable PW se corrigió con el autorregresor hasta el AR 2, eliminando de esta manera la autocorrelación de las series, dando como resultado un Durbin-Watson de 1,684784 dato que se aproxima a 2 lo que implica que no se presenta autocorrelación, en este sentido se aplica la prueba de la siguiente manera:

H_0 : No existe autocorrelación

H_a : Existe autocorrelación

Figura 13: Prueba Durbin-Watson



Fuente: elaboración propia a partir del software Eviews

La prueba Durbin-Watson arroja como resultado que no hay autocorrelación de las series por lo tanto indica que se ha corregido la serie.

Conclusiones

- Se refleja una relación inversa entre el crecimiento de los salarios y el crecimiento del PIB, dado que al aumentar los salarios (PW) en 0,98% el PIB disminuirá en un punto, esto debido al bajo nivel industrial de Colombia. Ávila (s.f) afirma:

El desempeño de la industria colombiana se encuentra en niveles bajos de producción, ventas y empleo en gran parte de sus ramas productivas; este desempeño lastimosamente se ha vuelto la constante de los últimos meses; la comparación en términos internacionales no muestra resultados favorables para el país: la industria manufacturera en Chile tuvo un crecimiento de 2.5% para el primer bimestre de 2013, la industria peruana se expandió a una

tasa de 1.7% y en Uruguay para el mismo período creció un 4.8%; en tanto que Colombia tuvo una variación negativa de -3.1% (p.1).

Lo cual implica que, al aumentar la contratación y por ende los salarios, el sistema productivo no cuenta con la capacidad instalada suficiente para hacer frente a los nuevos trabajadores que ingresen al sistema laboral, por lo tanto, al aumentar la contratación o los salarios el producto no crecerá, por el contrario, tendera a disminuir ya que los costos de producción aumentan, mientras que la productividad del trabajo experimenta rendimientos marginales decrecientes.

- El modelo econométrico arroja como resultado que la FBK participo en el crecimiento del PIB en 1,88% lo cual indica que para que el PIB crezca en un punto la FBK deberá crecer en 1,88%.
- El crecimiento del PIB a partir de la tecnología fue de 0,031% según se puede evidenciar en el intercepto C del modelo econométrico, ya que según la fórmula del residuo de Solow, el crecimiento que no es explicado por la productividad de los factores, es explicado gracias al progreso tecnológico, en el presente caso es de mayor relevancia para el crecimiento del PIB la participación de la FBK.
- La FBK es la variable de mayor participación en la producción de acuerdo con los datos estudiados, pero cuando más creció en 2006 con 37% no logro jalonar el empleo lo suficiente como para reducir la tasa de desempleo ya que esta creció al 12%.
- El progreso tecnológico no es lo suficientemente significativo como para lograr que el PIB crezca de manera sostenida por varios periodos de tiempo.

Recomendaciones

- El Estado colombiano deberá implementar una política fiscal encaminada a aumentar el gasto en ciencia y tecnología que sea comparable al gasto que realizan países como Estados Unidos en donde supera el 2% del PIB.
- Se debe generar una reforma fiscal expansiva enfocada al beneficio de la industria nacional, con el fin de disminuir la dependencia por la industria extranjera.
- Se debe generar una política aduanera encaminada a la disminución de los costos en los bienes de capital.
- El estado debe implementar una política educativa con el fin de aumentar el acceso a la educación superior con el fin de cualificar y tecnificar la mano de obra.
- Se debe implementar una política monetaria que priorice la tasa de interés a los créditos para la generación de industria.

Posibles Beneficiarios

Se beneficiará toda la comunidad académica que esté interesada en el tema del trabajo de grado, dado que este reposará en la biblioteca de la Universidad. También pueden ser beneficiarias las diferentes instituciones públicas como Universidades, alcaldías y gobernaciones.

Impacto del Proyecto

Tabla 3. Relación de impactos con el proyecto.

Impacto Esperado	Horizonte	Indicador	Medio de Verificación del Indicador
Que el documento final sirva como referente para posteriores estudios e investigaciones	A partir de su sustentación podrá ser consultado, en consecuencia, el horizonte será de 1 a 5 años para hacer una nueva reflexión sobre el crecimiento económico.	Número de Consultas en la biblioteca	Consultas y citaciones del documento

Referencia

Ávila. (s.f). El problema de infraestructura para la industria en Colombia. Recuperado de <http://www.cid.unal.edu.co/cidnews/archivos/ajustes-de-infraestructura-para-la-industria.pdf>.

Banco Mundial, (2016). Crecimiento del PIB (% anual). Datos sobre las cuentas nacionales del banco mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales del Banco Mundial

y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE. Recuperado de
<http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>.

Banco Mundial, (2016). Inflación, Precios al consumidor (% anual). Datos sobre las cuentas nacionales del banco mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE. Recuperado de
<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
<http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=US>.

Banco Mundial, (2016). Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB), Instituto de estadísticas de la organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO). Recuperado de
<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>.

Banco Mundial, (2016). Formación bruta de capital (% del PIB). Datos sobre las cuentas nacionales del banco mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE. Recuperado de
<http://datos.bancomundial.org/indicador/NE.GDI.TOTL.ZS?locations=CO&view=chart>.

Banco de la República. (2015). Subgerencia Cultural del Banco de la República, apertura económica . Recuperado el 31 de marzo de 2016, de
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/apertura-economica>

Bencardino. (1998). Estadística y muestreo. Santa Fe de Bogotá, D.C. Eco Ediciones.

Bernal Castro, H. (2012). Inversion Extranjera Directa en Colombia en el siglo XX, énfasis en el sector petróleo . Obtenido de

http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/inversion_extranjera_directa_en_colombia_en_el_siglo_xx.pdf

Bernal Reyes José. (Sin Fecha). El residuo de Solow revisado. Obtenido de

Blanchard, O. (2006). Macroeconomia. Madrid: Pearson Educacion S.A.

Cárdenas Hurtado Camilo, Solano Rojas Natalia. (2014). Investigación e información

económica: caracterización de la formación bruta de capital fijo en Colombia: comportamiento y dinámica en años recientes. Reportes del emisor. Obtenido de http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/re_178.pdf.

Clavijo Sergio, (Enero, 2003). CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y LA ‘NUEVA ECONOMIA: Implicaciones para Colombia. Obtenido de

<http://www.banrep.gov.co/es/borrador-228>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE-. (junio de 2016).

Indicadores Laborales en Industria. Obtenido de

<http://www.dane.gov.co/index.php/industria/indicadores-laborales-de-industria>

Echeverry, J. C. (2007). Comentarios al documento Desafíos Para el Desarrollo Productivo de América Latina. Santa fe de Bogotá: Universidad de los Andes.

Echavarría Juan José, María Angélica Arbeláez, María Fernanda Rosales, (Febrero de

2006). La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana.

- Revista: Desarrollo y Sociedad 2006 (57). Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/1691/169114673003.pdf>.
- Hyeongwoo, K. (2004). Hodrick-Prescott Filter.
- La Opcion. (Abril de 2008). ¿Tendrá Colombia la capacidad de enfrentarse a los retos del 2020? La Opcion, págs. 8-9.
- Maddison. (1991). Dynamic Forces in Capitalist Development, New York, Oxford University Press, 1991. 1960-2000: base de datos de Economic Outlook de la OCDE.)
- Maldonado Atencio, A. A. (Octubre de 2010). La Evolución del Crecimiento Industrial y Transformación Productiva en Colombia 1970-2005: Patrones y Determinantes. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas. . Obtenido de [http://www.bdigital.unal.edu.co/2021/1/TESIS_ORIGINAL_OCTUBRE_12_\(1\).pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/2021/1/TESIS_ORIGINAL_OCTUBRE_12_(1).pdf).
- Ministerio de la protección social. (Febrero de 20015). Comportamiento del mercado laboral colombiano 1990 – 2004 y avances de los programas de generación de empleo y protección al desempleado. Obtenido de <file:///C:/Users/Estudiante/Downloads/MercadoLaboralColombianoCopenhague10.pdf>.
- Miguel Urrutia, (Sin Fecha). El crecimiento económico Colombiano en el siglo XX: Aspectos globales. Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra134.pdf>
- Ministerio de educación, (Abril 29 de 2015). Educación superior en cifras. Obtenido de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-350451_recurso_4.pdf

Revista Dinero. (agosto de 2015). Revista Dinero. Obtenido de

<http://www.dinero.com/edicion-impresa/pymes/articulo/inversiones-ciencia-tecnologia-innovacion-colombia/212458>

Sachs, J., & Larrain, F. (2002). Macroeconomía en la Era Global. Buenos Aires: Prentice Hall.

Solow, R. (1957). A Contribution to the Theory of Economic Growth. Massachusetts: Massachusetts institute of technology.

Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. En Review of Economics and Statistics (págs. 312-320).

Universidad Nacional de Colombia . (s.f). Universidad Nacional de Colombia: "Colombia, por fuera del mundial 2020 en ciencia y tecnología". Recuperado el 31 de marzo de 2016, de <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/104/13.html>

Uniandes. (s.f). Interpolación. Recuperado de <http://www.prof.uniandes.edu.co/~gprieto/classes/compufis/interpolacion.pdf>

Anexos 1

Variables de estudio				
Año	PIB	ANB	FBK	Part W
1990				
1991	0,02371922	0,08244228	-0,12283926	0,00978688
1992	0,04353255	-0,12035597	0,13157633	0,06666478
1993	0,05710163	0,0826484	0,29653602	-0,00851797
1994	0,05147346	0,02059197	0,18043096	0,01731014

1995	0,05202438	-0,04779344	0,00641907	0,02212065
1996	0,02055855	0,29647872	0,18310885	-0,10261512
1997	0,03430294	-0,08593756	-0,02299866	-0,00350692
1998	0,00569784	-0,05269319	-0,05177198	0,00475772
1999	-0,04204015	-0,15628726	-0,37456398	-0,0469283
2000	0,02304601	0,15446708	0,09031768	-0,07665224
2001	0,01677898	-0,12740346	0,05399322	0,01612009
2002	0,0250398	0,10212569	0,09061854	0,01233384
2003	0,03918272	0,23571048	0,18381707	-0,01941451
2004	0,05333022	0,20023104	0,1750377	-0,02187224
2005	0,04706556	0,089594	0,1343984	-0,00749001
2006	0,06697515	0,31587795	0,37106071	-0,00523257
2007	0,06900628	0,05966827	0,09877808	0,00237493
2008	0,03546805	0,05360209	0,05616164	-0,01110553
2009	0,01651549	-0,04161421	-0,02880508	0,03653251
2010	0,03971801	0,00062305	0,02517693	-0,00323686
2011	0,06589512	0,16408173	0,15020514	-0,04144057
2012	0,04043944	0,00267668	0,03940159	0,02772736
2013	0,04874066	0,05006376	0,0687879	0,01540365
2014	0,04385711	0,01695512	0,12751746	0,0113696
2015	0,03083286		0,186	0,00732

Fuentes: elaboración propia.

Datos: DANE, División de Síntesis y Cuentas Nacionales y Dirección de Censos y Demografía, Grupo de Proyecciones de Población.

